



EP1002935



INVESTOR IN PEOPLE

- PN - EP1002935 A1 20000524
PD - 2000-05-24
PR - EP19980811152 19981120
OPD - 1998-11-20
TI - TiAl-rotor of a turbomachine and method of manufacturing
AB - The rotor (1) has a turbine wheel (6) exposed to high temp. and made of an alloy based on a gamma-titanium aluminide, a bearing shaft with a steel body (2) and a cylindrical intermediate part (4) via which the turbine wheel and steel body are rigidly connected by friction welding. The intermediate part consists of a nickel or cobalt based alloy on its end connected to the turbine wheel, and has at least two rigidly connected cylinder sections (40,41), of which one (40) is made of the alloy and the other (41) from steel of lower thermal conductivity than the steel body.

- IN - NAZMY MOHAMED DR [CH]
PA - ASEA BROWN BOVERI [CH]
EC - B23K20/12M; B23K35/00B6; F01D5/02G
IC - F01D5/02; B23K20/12; B23K35/00
CT - WO9845081 A1 [Y]; EP0837221 A2 [Y];
US5431752 A [Y]; DE3906582 C [Y];
EP0368642 A2 [A]

© WPI / DERWENT

- TI - Titanium-aluminium rotor for flow machine, especially turbocharger, has intermediate part with section of nickel or cobalt based alloy at end connected to turbine wheel and section of steel
PR - EP19980811152 19981120
PN - EP1002935 A1 20000524 DW200032 F01D5/02 Ger 007pp
PA - (ALLM) ASEA BROWN BOVERI AG
IC - B23K20/12 ;B23K35/00 ;F01D5/02
IN - NAZMY M
AB - EP1002935 NOVELTY - The rotor (1) has a turbine wheel (6) exposed to high temp. and made of an alloy based on a gamma-titanium aluminide, a bearing shaft with a steel body (2) and a cylindrical intermediate part (4) via which the turbine wheel and steel body are rigidly connected by friction welding. The intermediate part consists of a nickel or cobalt based alloy on its end connected to the turbine wheel, and has at least two rigidly connected cylinder sections (40,41), of which one (40) is made of the alloy and the other (41) from steel of lower thermal conductivity than the steel body.
- USE - Esp. for a turbocharger.
- ADVANTAGE - Not only has partic. high mechanical strength, but a low flow of heat from the turbine wheel into the bearing
- DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic representation of a rotor
- rotor 1
- steel body 2
- compressor wheel 3
- intermediate part 4
- gamma-titanium aluminide body 5
- turbine wheel 6
- cylindrical sections 40,41
-
- (Dwg.1/1)
OPD - 1998-11-20
DS - AL AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LT LU LV MC MK NL PT RO SE SI

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

AN



367686 [32]



EP1002935



INVESTOR IN PEOPLE

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 002 935 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
24.05.2000 Patentblatt 2000/21

(51) Int. Cl.⁷: F01D 5/02, B23K 20/12,
B23K 35/00

(21) Anmeldenummer: 98811152.2

(22) Anmeldetag: 20.11.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: Asea Brown Boveri AG
5401 Baden (CH)

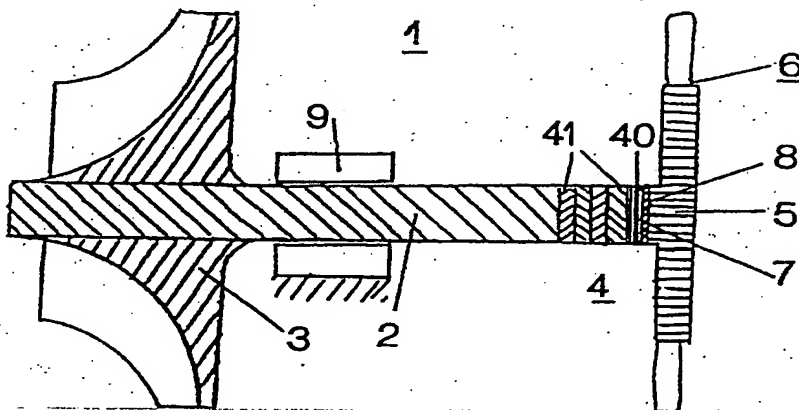
(72) Erfinder: Nazmy, Mohamed, Dr.
5442 Flsllsbach (CH)

(74) Vertreter: Kaiser, Helmut et al
c/o Asea Brown Boveri AG,
Immaterialgüterrecht (TEI),
Postfach
5401 Baden (CH)

(54) TIAI-Rotor einer Strömungsmaschine und Herstellungsverfahren

(57) Der Rotor ist Teil Strömungsmaschine, wie insbesondere eines Turboladers. Er weist ein hohen Temperaturen ausgesetztes Turbinenrad (5) auf mit einem Körper (5) aus einer Legierung auf der Basis eines Gamma-Titanaluminids sowie eine Lagerwelle mit einem Stahlkörper (2) und einem zylinderförmigen Zwischenstück (4). Das Turbinenrad (5) und der Stahlkörper (2) sind über das Zwischenstück (4) durch Reibschweißen starr miteinander verbunden. Eine hohe mechanische Festigkeit des Rotors (1) wird dadurch erreicht, dass das Zwischenstück (4) an seinem mit dem Turbinenrad (6) verbundenen Ende aus

einer Nickel- oder Kobalt-Basislegierung besteht. Um unerwünschten Wärmefluss vom Turbinenrad (6) zu einem den Stahlkörper (2) der Lagerwelle führenden, temperaturempfindlichen Lager (9) zu reduzieren, ist das Zwischenstück (4) aus mindestens zwei starr miteinander verbundenen Zylinderabschnitten (40, 41) aufgebaut, von denen einer (40) aus der Nickel- oder Kobalt-Basislegierung und ein anderer (41) von einem Stahl gebildet ist mit einer gegenüber dem Werkstoff des Stahlkörpers (6) geringen Wärmeleitfähigkeit.



EP 1 002 935 A1

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Bei der Erfindung wird ausgegangen von einem Rotor für eine Strömungsmaschine, insbesondere einen Turbolader, nach den Oberbegriff von Patentanspruch 1.

STAND DER TECHNIK

[0002] Ein Rotor der vorgenannten Art ist in EP 0 590 197 B beschrieben. Dieser Rotor weist ein hohen Temperaturen ausgesetztes Turbinenrad aus gamma-Titanaluminid auf sowie eine Lagerwelle mit einem Stahlkörper aus einem niedriglegierten Stahl, beispielsweise einem Vergütungsstahl mit einem Kohlenstoffanteil von ca. 0,4 Gewichtsprozent, einem Chromanteil von ca. 1 Gewichtsprozent sowie einem vergleichsweise geringen Molybdänanteil. Zwischen Turbinenrad und Stahlkörper ist ein Zwischenstück aus einer Nickelbasis-Legierung vorgesehen, welches mit dem Turbinenrad reibverschweisst ist. Das Zwischenstück weist vorteilhafterweise einen relativ niedrigen Anteil an Nickel auf, da so die Reibschweissschweißverbindung des Gamma-Titanaluminidkörpers mit dem Zwischenstück bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen hergestellt werden kann. Das Risiko von Rissbildungen wird so beim Reibschweißen in dem zur Versprödung neigenden Gamma-Titanaluminidkörper erheblich herabgesetzt und ein Rotor mit einer hohen mechanischen Festigkeit sowohl bei Raumtemperatur als auch bei Temperaturen bis 700°C erreicht.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0003] Der Erfindung, wie sie in den Patentansprüchen definiert ist, liegt die Aufgabe zugrunde, einen Rotor der eingangs genannten Art anzugeben, welcher sich nicht nur durch eine besonders grosse mechanische Festigkeit auszeichnet, sondern bei dem zugleich Wärmefluss vom Turbinenrad in die Lagerwelle gering gehalten wird.

[0004] Beim Rotor nach der Erfindung wird durch geeignete Ausbildung des Zwischenstücks sowohl bei Raumtemperatur als auch bei Temperaturen bis 700°C eine besonders hohe mechanische Festigkeit erreicht. Dies ist vor allem der vorteilhaften Ausbildung des Zwischenstücks zu verdanken, welches bei der Herstellung des Rotors durch Reibschweißen in besonders fester Weise mit dem Stahlkörper der Lagerwelle und mit dem Turbinenrad verbunden werden kann. Durch den Einbau wärmeflusshemmender Bestandteile kann zugleich am Turbinenrad auftretende Wärme nur zu einem sehr geringen Teil vom Turbinenrad über die Lagerwelle abfließen. Das temperaturempfindliche Lager der mit dem Turbinenrad verbundenen Welle bleibt so vor unzulässiger Temperaturbelastung verschont.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

[0005] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Hierbei zeigt die einzige Figur eine Aufsicht auf einen axial geführten Schnitt durch einen erfindungsgemässen Rotor eines Turboladers.

WEG ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0006] In der Figur bezeichnet 1 einen Rotor eines Turboladers mit einem als Welle des Turboladers dienenden zylinderförmigen Stahlkörper 2, dessen eines Ende ein beispielsweise aus einer Aluminiumlegierung bestehendes Verdichterrad 3 trägt, und dessen anderes Ende über ein Zwischenstück 4 mit einem Gamma-Titanaluminidkörper 5 starr verbunden ist. Der Gamma-Titanaluminidkörper 5 ist zumindest ein Teil eines dem Abgas einer Verbrennungsmaschine ausgesetzten Turbinenrades 6 des Turboladers. Das Bezugszeichen 7 bezeichnet eine Diffusionsschicht, welche die starre Verbindung zwischen dem Zwischenstück 4 und dem Gamma-Titanaluminidkörper 5 bewirkt.

[0007] Der Stahlkörper 2 weist eine Länge von beispielsweise 200 mm und einen Durchmesser von beispielsweise 45 mm auf. Er besteht aus einem niedriglegierten Stahl, beispielsweise einem Vergütungsstahl mit einem Kohlenstoffanteil von ca. 0,4 Gewichtsprozent, einem Chromanteil von ca. 1 Gewichtsprozent sowie einem vergleichsweise geringen Molybdänanteil. Ein solcher Stahl ist etwa ein Stahl des Typs St 575. Die Wärmeleitfähigkeit des Stahlkörpers 2 beträgt bei Raumtemperatur ca. 44 W/m · K und bei einer Betriebstemperatur von ca. 400°C ca. 37 W/m · K.

[0008] Das Zwischenstück 4 ist aus zwei Zylinderabschnitten 40, 41 aufgebaut. Der an den Stahlkörper 2 anschliessende Zylinderabschnitt 41 enthält vier Scheiben aus einem Stahl mit einer gegenüber dem Stahl des Stahlkörpers 2 geringen Wärmeleitfähigkeit. Der Zylinderabschnitt 40 enthält eine Scheibe aus einer Nickel- oder aus einer Kobalt-Basislegierung. Die Durchmesser der Zylinderabschnitte 40 und 41 sind an den Durchmesser des Stahlkörpers 2 angepasst. In axialer Richtung weisen die Zylinderabschnitte 40 bzw. 41 Längen von typischerweise 10 bis 20 mm bzw. 10 bis 30 mm auf. Ist der Werkstoff des Zylinderabschnitts 40 als Nickel-Basislegierung ausgeführt, so weist diese Legierung vorzugsweise einen Nickelanteil kleiner 65 Gewichtsprozent auf. Eine solche Legierung kann sowohl mit dem Zylinderabschnitt 41 als auch mit dem Gamma-Titanaluminidkörper 5 durch Reibschweißen verbunden werden, ohne dass bei hohen mechanischen und thermischen Belastungen während des Betriebes des Turboladers ein Aufbrechen der Schweißstellen oder ein Versprödungsbruch des Rotors 1, insbesondere im Bereich des gegenüber Stahl und der Nickel-Basislegierung vergleichsweise

spröden Gamma-Titanaluminidkörpers 5, zu befürchten ist. Besonders vorteilhafte Legierungen, wie beispielsweise die unter der Bezeichnung INCONEL 718 von der Firma INCO vertriebene Nickel-Basislegierung, sind dem einleitend genannten Stand der Technik nach EP 0 590 197 B zu entnehmen.

[0009] Der Gamma-Titanaluminidkörper 5 weist einen an das Zwischenstück 4 angepassten zylindrischen Ansatz 8 von beispielsweise ebenfalls 45 mm Durchmesser auf und ist von einer intermetallischen Verbindung auf der Basis eines dotierten Gamma-Titanaluminids gebildet. Bevorzugte Legierungen sind dem zuvor genannten Stand der Technik zu entnehmen.

[0010] Der Zylinderabschnitt 41 kann anstelle aus vier auch aus nur einer oder auch mehr als vier Scheiben bestehen. Die Scheiben des Zylinderabschnitts 41 und der Zylinderabschnitt 40 sind durch Schweißen, insbesondere Reibschweißen, starr miteinander verbunden. Die Wärmeleitfähigkeit des so gebildeten Zwischenstücks 4 ist relativ gering und wird umso stärker herabgesetzt, je mehr Stahlscheiben verwendet werden. Als Material für die Scheiben des Zylinderstücks 41 wird mit Vorteil ein hochlegierter Stahl verwendet, beispielsweise ein solcher mit einer thermischen Leitfähigkeit bei Raumtemperatur kleiner 20 W/m · K. Solche Stähle sind typischerweise Stähle mit Legierungsanteilen grösser 10 Gewichtsprozent, wie beispielsweise Stähle mit einem Chrom- und Nickelanteil zwischen ca. 20 und 40 Gew%. Bevorzugte Beispiele stellen folgende Stähle dar:

X6CrNiTi18-10 mit der Zusammensetzung in Gewichtsprozent

[0011]

C	bis 0,08
Si	bis 1,0
Mn	bis 2,0
Cr	17 - 19
Ni	9 - 12
Ti	bis 0,7

[0012] Rest Eisen und nicht zu vermeidende Verunreinigungen und mit einer thermischen Leitfähigkeit bei Raumtemperatur von ca. 16 W/m · K und bei 400 °C von ca. 20 W/m · K.

X8CrNiMoVNb16-13 mit der Zusammensetzung in Gewichtsprozent

[0013]

C	bis 0,1
Si	bis 0,6
Mn	bis 1,5

Cr	15,5 — 17,5
Ni	12,5 — 14,5
Mo	1,1 bis 1,5
V	0,6 bis 0,9
Nb+Ta	bis 1,2
N	0,06 bis 0,14

[0014] Rest Eisen und nicht zu vermeidende Verunreinigungen

und mit einer thermischen Leitfähigkeit bei Raumtemperatur von ca. 13 W/m · K und bei 400 °C von ca. 21 W/m · K.

X 12 CrNi 25 21 mit der Zusammensetzung in Gewichtsprozent

[0015]

C	bis 0,15
Si	bis 0,75
Mn	bis 2,0
C	24 - 26
Ni	19 - 22

[0016] Rest Eisen und nicht zu vermeidende Verunreinigungen

und mit einer thermischen Leitfähigkeit bei Raumtemperatur von ca. 13 W/m · K und bei 400 °C von ca. 16 W/m · K.

X 6 CrNiMoTi17-12-2 mit der Zusammensetzung in Gewichtsprozent

[0017]

C	bis 0,08
Si	bis 1,0
Mn	bis 2,0
C	16 - 19
Ni	10 — 14
Mo	2,0 bis 2,5
Ti	bis 0,7

[0018] Rest Eisen und nicht zu vermeidende Verunreinigungen

und mit einer thermischen Leitfähigkeit bei Raumtemperatur von ca. 15 W/m · K und bei 400 °C von ca. 20 W/m · K.

[0019] Der Rotor 1 wurde aus den einzelnen Komponenten wie folgt hergestellt: Zunächst wurde an den Stahlkörper 2 das Zwischenstück 4 angeschweisst. Hierbei wurde in einem routinemässig ausgeführten Reibschweissvorgang zunächst eine der Scheiben des Zylinderabschnitts 41 auf dem zum Turbinenrad 6 weisenden Ende des Stahlkörpers 2 angebracht und wurden darauf der Reihe nach in entsprechender Weise die verbleibenden drei Scheiben des Zylinderabschnitts 41 und der scheibenförmige Zylinderabschnitt 40 befestigt.

Sodann wurden der Gamma-Titanaluminidkörper 5 mit dem aus dem Zwischenstück 4 und dem Stahlkörper 2 gebildeten Körper durch Reibschweissen verbunden wie dies im vorgenannten Stand der Technik beschrieben ist. Hierbei bildete sich die Diffusionsschicht 7. Die Schweißverbindungen zwischen dem Stahlkörper 2 und der zugeordneten Scheibe des Zylinderabschnitts 41 bzw. den beiden Zylinderabschnitten 40 und 41 zeichneten sich bei Raumtemperatur und bei Temperaturen von mehr als 500°C durch eine besonders hohe Festigkeit aus, da die zugeordneten Werkstoffe, zum einen der niedrig- und der hochlegierte Stahl und zum anderen der hochlegierte Stahl und die Nickel- oder Kobalt-Basislegierung, ganz hervorragend miteinander verschweisst werden konnten.

[0020] Der reibgeschweisste Rotor 1 wurde nach der Fertigstellung mit einer Geschwindigkeit von ca. 150°C pro Stunde auf ca. 600°C aufgeheizt, einige Stunden auf dieser Temperatur gehalten und anschließend mit einer Geschwindigkeit von ca. 50°C pro Stunde abgekühlt. Hierdurch wurden, beim Reibschweissen möglicherweise entstandene und zu Versprödung führende Spannungszustände entfernt.

[0021] Anhand von Zugversuchen ermittelte Festigkeitswerte eines derartig ausgebildeten und derartig hergestellten Rotors lagen bei Raumtemperatur überwiegend bei ca. 500 MPa, wobei die Zerstörung entweder an der Diffusionsschicht 7 oder am Gamma-Titanaluminidkörper 5 eintrat. Diese hohen Festigkeitswerte reichen für den Einsatz des Rotors in einer temperaturbelasteten Strömungsmaschine, wie insbesondere einer Gasturbine oder einem Turbolader, vollkommen aus. Am Lager 9 des mit dem Rotor 1 nach der Erfindung ausgerüsteten Turboladers trat eine Temperaturbelastung auf, welche gegenüber der Temperaturbelastung bei einem vergleichbar ausgebildeten Turbolader mit einem Rotor nach dem Stand der Technik unter vergleichbaren Betriebsbedingungen erheblich herabgesetzt ist.

BEZEICHNUNGSLISTE

[0022]

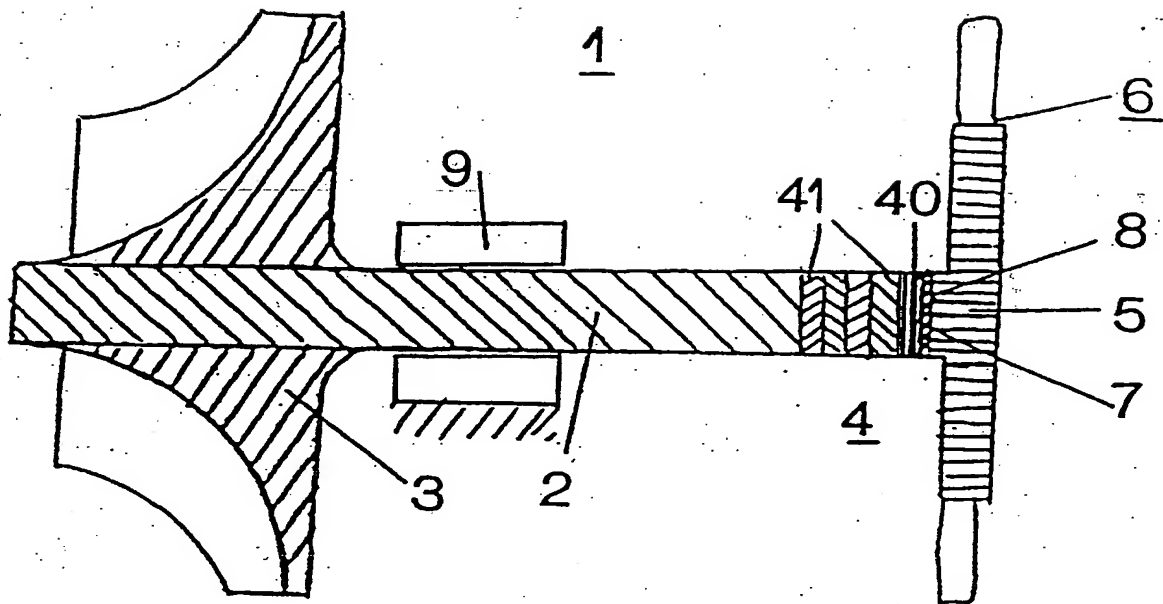
1	Rotor	45
2	Stahlkörper	
3	Verdichterrad	
4	Zwischenstück	
5	Gamma-Titanaluminidkörper	
6	Turbinenrad	50
7	Diffusionsschicht	
8	Ansatz	
9	Lager	
40, 41	Zylinderabschnitte	55

Patentansprüche

1. Rotor für eine Strömungsmaschine, insbesondere

für einen Turbolader, mit einem hohen Temperaturen ausgesetzten Turbinenrad (5) aus einer Legierung auf der Basis eines Gamma-Titanaluminids, einer Lagerwelle mit einem Stahlkörper (2) und einem zylinderförmigen Zwischenstück (4), über welches das Turbinenrad (5) und der Stahlkörper (2) starr miteinander verbunden sind, wobei die Verbindung zwischen dem Turbinenrad (5) und dem Zwischenstück (4) durch Reibschweissen hergestellt ist, und wobei das Zwischenstück (4) an seinem mit dem Turbinenrad (6) verbundenen Ende aus einer Nickel- oder Kobalt-Basislegierung besteht, dadurch gekennzeichnet, dass das Zwischenstück (4) aus mindestens zwei starr miteinander verbundenen Zylinderabschnitten (40, 41) aufgebaut ist, von denen ein erster (40) aus der Nickel- oder Kobalt-Basislegierung und der zweite (41) von einem Stahl gebildet ist mit einer gegenüber dem Stahl des Stahlkörpers (2) geringen Wärmeleitfähigkeit.

2. Rotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Stahl des zweiten Zylinderabschnitts (41) hoch- und der Stahl des Stahlkörpers (2) niedriglegiert ist.
3. Rotor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei Raumtemperatur die thermische Leitfähigkeit des Stahls des zweiten Zylinderabschnitts (41) kleiner 20 W/m · K und des Stahls des Stahlkörpers (2) grösser 30 W/m · K.
4. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Zylinderabschnitt (41) mindestens zwei miteinander verbundene Scheiben aufweist.





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 81 1152

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
Y	WO 98 45081 A (NGUYEN DINH XUAN) 15. Oktober 1998 * Seite 1, Zeile 9 - Zeile 16 * * Abbildung *	1	F01D5/02 B23K20/12 B23K35/00
Y	EP 0 837 221 A (DAIDO STEEL CO LTD) 22. April 1998 * Seite 2, Zeile 2 - Zeile 4 * * Seite 1, Zeile 12 - Zeile 42 *	1	
Y	US 5 431 752 A (BROGLE ERWIN ET AL) 11. Juli 1995 * das ganze Dokument *	1	
Y	DE 39 06 582 C (KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GMBH) 12. April 1990 * Spalte 3, Zeile 43 - Zeile 62 *	1	
A	EP 0 368 642 A (DAIDO STEEL CO LTD ;FUJI VALVE (JP)) 16. Mai 1990 * Spalte 2, Zeile 3 - Zeile 51 * * Spalte 3, Zeile 9 - Zeile 55 * * Spalte 4, Zeile 27 - Zeile 34 * * Abbildung 1 *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			F01D B23K
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
DEN HAAG		19. April 1999	Raspo, F
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
<p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur</p>			
<p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			

EPO FORM 1503 03/82 (P/C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 98 81 1152

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

19-04-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 9845081	A	15-10-1998	AU	6863298 A	30-10-1998
EP 0837221	A	22-04-1998	JP	10118764 A	12-05-1998
			JP	10193087 A	28-07-1998
			JP	10220236 A	18-08-1998
US 5431752	A	11-07-1995	KEINE		
DE 3906582	C	12-04-1990	KEINE		
EP 0368642	A	16-05-1990	JP	2099365 C	22-10-1996
			JP	2133183 A	22-05-1990
			JP	8018151 B	28-02-1996
			DE	68907467 T	21-10-1993
			US	5064112 A	12-11-1991

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)